

быть выше величины переменного напряжения на 30...50 %. Из экспериментальных зависимостей пробивных напряжений от частоты для проводов кабеля КСПВ 4×0,12 и кабеля КССПВ УТР 4 Cat. 5e, рис. 2, видно, что это можно делать без опасения повредить качественную изоляцию.

Результаты первых экспериментов доказали правомерность динамических испытаний изоляции кабеля постоянным напряжением для некоторых типов изоляции. Конечно, нельзя говорить о том, что испытания постоянным напряжением мо-

гут полностью вытеснить испытания переменным напряжением. Существует ряд кабельных изделий, которые должны быть испытаны только переменным напряжением, но там, где это возможно необходимо снижать затраты на контроль.

В дальнейшем предстоит проведение более глубоких экспериментальных исследований и проработка теоретических обоснований их результатов, а также разработка методики проведения таких испытаний.

Исследования проводились при поддержке Совета по грантам Президента РФ, грант № МК-880.2007.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стеблевская Л.А., Черневский И.Н. Исследование эффективности испытаний изолированных жил и проводов аппаратами непрерывного контроля // Труды ВНИИ кабельной промышленности. – М.: ВНИИКП, 1974. – С. 217–232.
2. ГОСТ 2990-78. Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением.
3. ГОСТ 23286-78. Кабели, провода и шнуры. Нормы толщин изоляции, оболочек и испытаний напряжением.
4. British standard BS 5099:2004. Electric cables – Voltage levels for spark testing.
5. British standard BS EN 50356:2002. Method for spark testing of cables.

Поступила 30.01.2008 г.

УДК 661.879+621.365+621.314

СИСТЕМА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СВАРОЧНОГО РОБОТА

Ю.Н. Дементьев, А.Ф. Князьков, С.А. Князьков

Томский политехнический университет
E-mail: vlad@elti.tpu.ru

Предложена система геометрической адаптации для действующего макета специализированного робототехнологического комплекса. Представлена функциональная схема системы управления углом наклона в функции пространственного положения сварочной ванны в соответствии с требуемым законом при любом диаметре трубы и скорости сварки.

1. Введение

Автоматизация процесса сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов имеет свои специфические особенности, главная из которых, постоянно изменяющееся пространственное положение сварочной ванны от нижнего до потолочного. Этой особенностью определяются требования к выбору кинематической схемы технологического процесса, системе питания сварочной дуги и в целом управлению роботом.

Анализ существующих способов сварки показал, что в настоящее время автоматизация процесса сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов может быть осуществлена на основе нового комплексного подхода, заключающегося в применении технологической и геометрической адаптации процесса сварки в функции изменяющегося пространственного положения сварочной ванны. Для практического решения этой проблемы, как показывает отечественный и зарубежный опыт, необходимо создание специализированного

робота, оснащенного средствами геометрической и технологической адаптации.

В статье представлены некоторые результаты по разработке системы геометрической адаптации для действующего макета специализированного робототехнологического комплекса.

Особенности автоматизации сварки неповоротных стыков

Процесс автоматизации сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов достаточно сложен, хотя как объект неповоротный стык имеет геометрию, поддающуюся автоматизации традиционными средствами.

Действующие в процессе сварки неповоротных стыков труб возмущения обусловлены:

- колебаниями напряжения питающей сети и неустойчивостью работы оборудования;
- неустойчивостью геометрии разделки стыка по длине;

- изменением пространственного положения сварочной ванны от нижнего до потолочного.

Возмущения, первых двух типов, можно уменьшить применением более совершенных средств и систем, прецизионным изготовлением механической части, а также более жесткими требованиями к геометрии разделки и сборки сварного стыка. Для отработки третьего типа возмущения требуется геометрическая и технологическая адаптация в функции пространственного положения сварочной ванны. Для этого необходим специализированный робот, существенно отличающийся от сварочных роботов общего назначения. Так как сварной стык имеет кольцевую форму в вертикальной плоскости неподвижной трубы, то для сварки не требуется манипулятор изделия, а манипулятор инструмента должен иметь в простейшем случае всего два движения:

- переносное движение сварочной головки вокруг горизонтально расположенной трубы параллельно линии стыка по гибкой ленте, установленной на изолирующих стойках на трубе;
- ориентирующее движение, вращение сварочной головки вокруг оси перпендикулярно линии стыка и параллельно к образующей трубы для изменения угла наклона электрода в функции пространственного положения сварочной ванны для сварки углом назад или углом вперед, причем мнимый центр вращения проходит через центр сварочной ванны, а вылет электрода остается неизменным [1]. Геометрическая адаптация определяет угол наклона сварочной головки, чтобы направить силовое давление дуги в противофазе с результирующей силой, отрывающей сварочную ванну от трубы. Сущность геометрической адаптации заключается в следующем. В основу конструкции той части робота, которая отвечает за пространственную ориентацию рабочего органа – сварочной головки, положена возможность изменения угла β наклона сварочной головки относительно нормали, проведенной к окружности сварного шва в центре сварочной ванны, как это показано на рис. 1.

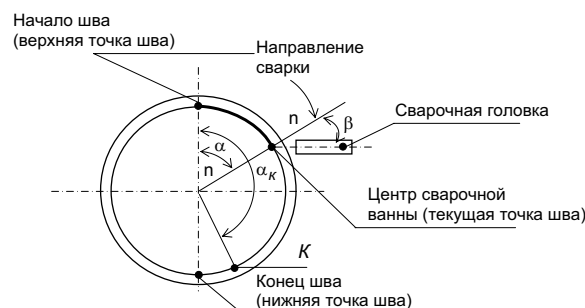


Рис. 1. Схема расположения сварного шва на трубе

Система геометрической адаптации должна в каждый момент времени обеспечивать равенство угла наклона сварочной головки некоторому требуемому значению.

Требуемое значение угла наклона сварочной головки определяется с учетом целого ряда факторов. Пространственное положение сварочной ванны определяется углом α между линией действия силы тяжести и линией $n-n$, соединяющей центр окружности сварного шва с центром сварочной ванны, рис. 1. В специализированном роботе сварочная тележка перемещается вдоль линии стыка по закрепленной на трубе направляющей ленте. Сварочная головка закреплена на сварочной тележке посредством специального рычажного механизма [1] таким образом, чтобы относительное расположение сварочной тележки и сварочной ванны в процессе сварки оставалось неизменным. Из этого следует, что изменение пространственной ориентации сварочной головки и сварочной тележки жестко взаимосвязаны.

Для реализации закона изменения угла наклона сварочной головки была разработана система геометрической адаптации, состоящая из манипулятора сварочной головки и системы управления. Манипулятор сварочной головки представлен на рис. 3.

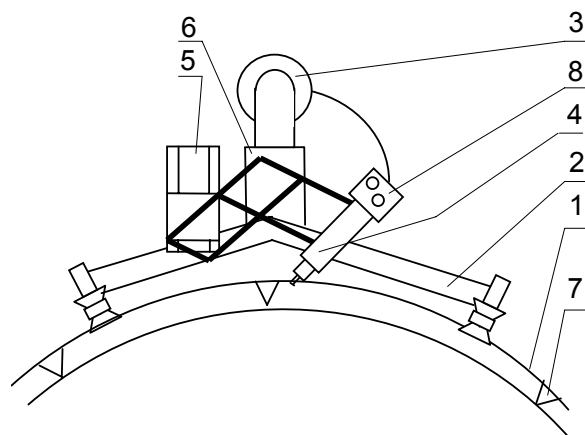


Рис. 2. Функциональная схема манипулятора сварочной головки

Манипулятор содержит направляющую – 1, выполненную в виде гибкой разъемной ленты, установленной на трубе на изолирующих стойках – 7, по которой движется тележка – 2 с приводом. На тележке – 2 расположены катушка со сварочной проволокой – 3, головка – 4 с токоподводящим наконечником и механизмом подачи проволоки – 8, механизм поперечной корректировки горелки относительно линии стыка – 5 и механизм – 6, обеспечивающий корректировку угла наклона сварочной головки относительно нормали к поверхности трубопровода в плоскости стыка [1].

На рис. 3 приведена функциональная схема системы управления углом наклона в функции пространственного положения сварочной ванны.

На функциональной схеме: $П\alpha$ – привод перемещения сварочной головки вдоль линии стыка; $Д\beta$ – датчик угла наклона сварочной головки; $Д\alpha$ – функциональный датчик пространственного положения сварочной ванны; $СУ$ – сравнивающее

устройство; ИУ1 и ИУ2 – исполнительные устройства; РО – регулирующий орган объекта; О – объект (сварочная головка), БП – блок питания.

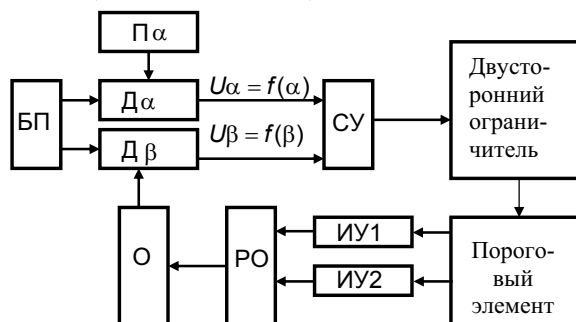


Рис. 3. Функциональная схема системы геометрической адаптации

Схема реализует релейный принцип управления. С функционального датчика пространственного положения $D\alpha$ снимается напряжение [2], зависящее от пространственного положения сварочной ванны. На схеме (рис. 3) величина напряжения $U\alpha$ представлена зависимостью $U\alpha=f(\alpha)$, отображающей требуемое значение угла наклона свароч-

ной головки. Фактическое значение угла наклона сварочной головки контролируется датчиком $D\beta$ в виде напряжения $U\beta$. Разница между этими напряжениями является величиной, задающей управляющее воздействие на объект. Рабочий орган представляет собой двигатель, с помощью которого изменяется угол наклона сварочной головки. Изменение угла наклона сварочной головки происходит в обоих направлениях. Реверсирование, в соответствии со схемой (рис. 3), осуществляется исполнительными устройствами ИУ1 и ИУ2.

4. Заключение

Представленный вариант системы геометрической адаптации, осуществляющий управление углом наклона сварочной головки в соответствии с требуемым законом на базе функционального датчика пространственного положения сварочной ванны, реализован в действующем макете специализированного робота и обеспечивает геометрическую адаптацию сварочной головки в соответствии с требуемым законом при любом диаметре трубы и скорости сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2167753 РФ. МПК⁷ G01C 9/12. Автомат для дуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов / А.Ф. Князьков, С.А. Князьков, Д.В. Пилипенко. Бюл. № 15, опубл. 27.05.2001 г.
2. Пат. 2241207 РФ. МПК⁷ G01C 9/12. Функциональный датчик пространственного положения сварочной ванны / А.Ф. Князь-

ков, С.А. Князьков, С.В. Неклюдов, Ю.Н. Дементьев. Бюл. № 33 от 27.11.2004 г.

Поступила 10.03.2008 г.

УДК 621.313.333

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ МОСТОВОГО КРАНА НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА

Ю.А. Орлов, Ю.Н. Дементьев, Г.И. Однокопылов, Д.Ю. Орлов, И.Г. Однокопылов, Д.П. Столяров

Томский политехнический университет
E-mail: odivan@yandex.ru

На основе исследований с использованием математической модели механизма подъёма груза электрического крана, адекватность которой подтверждена экспериментами на натурном образце мостового крана, показана целесообразность мониторинга электрических параметров приводного двигателя для обеспечения функций защиты от опасных эксплуатационных воздействий. Рассмотрен косвенный метод измерения веса поднимаемого груза на основе мониторинга электрических параметров электропривода механизма подъёма, что обеспечивает живучесть системы защиты грузоподъемного крана и повышает безопасность эксплуатации.

По данным Ростехнадзора с 1998 г. наблюдается устойчивый рост травматизма и количества аварий на грузоподъемных кранах. Из информационного письма от 21.04.2003 г. головной организации по краностроению НТЦ «Строймашавтоматизация» следует, что около четверти аварий и несчастных случаев происходит по причинам, связанным с приборами и системами безопасности, поэтому вопросам их раз-

работки и применения придаётся большое значение. Особенно перспективным для совершенствования приборов и систем безопасности является расширение их функций с объединением в составе единой системы, на основе применения бортовых компьютерных средств, для управления, оперативного контроля и диагностирования с задачей автоматического обеспечения безопасности работы машин [1, 2].